

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 563 672**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **84 06553**

⑤1 Int Cl* : H 04 B 9/00.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

②2 Date de dépôt : 26 avril 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOP « Brevets » n° 44 du 31 octobre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
résentés :

⑦1 Demandeur(s) : **LIGNES TELEGRAPHIQUES ET TELE-
PHONIQUES LTT. — FR.**

⑦2 Inventeur(s) : Georges Folcka, Olivier Voisin, Gérard
Rouillet et Bertrand Jarret.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Philippe Guilguet, Thomson-CSF, SCPL

⑤4 Système de transmission d'informations numériques sur fibre optique.

⑤7 L'invention concerne un système de transmission d'infor-
mations numériques sur fibre optique.

L'émetteur comporte des diodes photoémettrices 11, 12
émettant des signaux optiques de longueurs d'onde respec-
tives qui représentent les différents états des informations à
transmettre, et des moyens 16 de multiplexage de ces signaux
optiques. Côté réception, après démultiplexage des longueurs
d'onde transmises par la fibre 30, celles-ci sont détectées par
des diodes photodétectrices 22, 23 délivrant des signaux
électriques représentant les divers états des informations.

Application aux transmissions numériques à haut débit.



FR 2 563 672 - A1

SYSTEME DE TRANSMISSION D'INFORMATIONS
NUMERIQUES SUR FIBRE OPTIQUE

La présente invention concerne un système de transmission d'informations numériques, notamment à débit élevé, sur fibre optique.

D'une manière classique, dans le domaine des transmissions optiques, le système de transmission comporte, côté émission, une source d'informations qui utilise un signal électrique à transmettre (numérique ou analogique), un modulateur ou codeur qui transforme ce signal en un autre signal mieux adapté à la transmission sur fibre optique, et un émetteur optique commandé par ce dernier signal et qui injecte dans la fibre optique un signal optique à une longueur d'onde donnée. Côté réception, la chaîne de transmission comporte un photodétecteur à l'extrémité de la fibre qui détecte le signal optique transmis et qui délivre un signal électrique, et un démodulateur ou décodeur qui restitue les informations à partir de ce signal.

D'autre part, dans le cas d'informations numériques, par exemple binaires, il est connu de mettre en oeuvre pour le codage des informations une technique dite de transposition de fréquence à l'aide d'un modulateur appelé FSK (initiales de l'expression anglaise "Frequency Shift Keying"). Cette technique consiste à utiliser deux porteuses modulées en fréquence qui permettent l'une de transmettre les états 0 des informations binaires par l'intermédiaire d'une fréquence f_1 et l'autre de transmettre les états 1 par l'intermédiaire d'une fréquence f_2 dont la valeur n'est pas un multiple de celle de f_1 . De plus, dans le but d'obtenir le moins de bruit possible à la régénération des informations binaires et donc d'avoir un taux d'erreurs acceptable sur les 0 et les 1, de l'ordre de 10^{-9} en téléphonie, il s'avère nécessaire de choisir des valeurs de fréquences f_1 et f_2 des porteuses très supérieures à la fréquence rythme des informations codées, de l'ordre de dix fois celle-ci.

Toutefois, pour une transmission d'informations à débit élevé,

par exemple de l'ordre de 140 Mbit/s correspondant à une fréquence
rythme de l'ordre de 200 MHz en utilisant par exemple le code CMI
(pour "Coded Mark Inversion"), les fréquences f_1 et f_2 doivent être
très élevées, au moins égales à 2 GHz dans l'exemple choisi, ce qui
5 est incompatible avec la limitation de vitesse de modulation des
émetteurs optiques usuels, soit 1 GHz pour une diode laser et
50 MHz pour une diode électroluminescente.

En conséquence, cette technique de transposition de fréquence
par modulateur FSK peut être utilisée pour des bas débits, jusqu'à
10 environ 19 kbit/s, mais ne peut plus l'être à des débits plus élevés.

La présente invention a pour but de remédier à cet incon-
vénient en proposant un système de transmission d'informations
numériques mettant en oeuvre une technique de codage des infor-
mations qui est simple à réaliser et qui peut être utilisée quel que
15 soit le débit des informations à transmettre.

A cet effet, l'idée mère de l'invention est de transmettre les
informations non plus au moyen de porteuses électriques comme
dans l'art antérieur mais au moyen de porteuses optiques, c'est-à-
dire en fait de transmettre les différents états ou niveaux des
20 informations numériques par l'intermédiaire de différentes longueurs
d'onde.

Le système de transmission d'informations numériques sur
fibre optique selon l'invention est donc caractérisé en ce que son
émetteur comprend au moins deux diodes photoémettrices com-
mandées chacune par un signal électrique représentant l'un des
25 différents états des informations et émettant chacune un signal
optique à une longueur d'onde donnée distincte représentant l'un des
états des informations, et des moyens de multiplexage des signaux
optiques émis aux différentes longueurs d'onde, et en ce que son
30 récepteur comprend des moyens de démultiplexage des signaux
optiques transmis par la fibre, au moins deux diodes photo-
détectrices détectant chacune l'une des différentes longueurs d'onde
des signaux optiques démultiplexés et délivrant chacune un signal
électrique représentant l'un des états correspondants des infor-

mations, et des moyens de restitution des informations représentées par ses différents états.

Selon une variante de l'invention, l'émetteur du système de transmission comporte une seule diode laser du type monomode commandée par les informations et émettant dans la fibre un signal optique susceptible d'avoir diverses longueurs d'onde de valeurs respectives voisines les unes des autres et représentant chacune l'un des différents états des informations, la valeur de chacune de ces longueurs d'onde étant obtenue en faisant varier la valeur du courant injecté dans la diode laser.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux dans la description détaillée qui suit et se réfère aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemple et dans lesquels :

- la figure 1 représente un schéma global d'un mode de réalisation du système de transmission d'informations numériques selon l'invention ;

- la figure 2 représente un exemple de réalisation du décodeur utilisé côté réception ; et

- la figure 3 représente un schéma global d'une variante du système de transmission d'informations numériques selon l'invention.

Sur ces différentes figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments qui remplissent les mêmes fonctions en vue des mêmes résultats.

La figure 1 représente un premier mode de réalisation d'un système de transmission d'informations numériques, par exemple binaires, à débit élevé de l'ordre par exemple de 140 Mbit/s, comportant un module émetteur 10, un module récepteur 20 et une fibre optique 30 du type multimode agencée entre ces deux modules.

Selon un aspect de l'invention, les informations binaires sont transmises au moyen de porteuses optiques en faisant correspondre aux états ou niveaux respectifs 0 et 1 des informations deux longueurs d'onde distinctes. Ainsi, une première longueur d'onde λ_1 , par exemple égale à 0,86 micron, correspond aux états 1 des infor-

mations, tandis qu'une seconde longueur d'onde λ_2 , par exemple égale à 0,78 micron, correspond aux états 0 de ces informations.

On notera que les informations binaires à transmettre sur la fibre optique pourraient être remplacées par des informations numériques à plus de deux états différents, telles que par exemple des informations ternaires ou quaternaires, auxquelles on affecterait plus de deux longueurs d'onde différentes, sans sortir du cadre de l'invention.

Sur la figure 1 qui illustre le cas d'une transmission d'informations binaires I, le module émetteur 10 comporte tout d'abord deux diodes photoémettrices 11 et 12, telles que par exemple des diodes laser, commandées chacune par un signal électrique représentant l'un des états 0 ou 1 des informations I. Ainsi, la diode laser 11 est modulée uniquement par les états 1 des informations binaires et émet à sa puissance optique maximale, conformément à sa caractéristique connue de transfert illustrant sa puissance de sortie en fonction du courant injecté, un signal optique à la longueur d'onde donnée λ_1 qui représente les états 1 des informations I.

De façon similaire, la diode laser 12 est commandée uniquement par les états 0 des informations binaires après passage de celles-ci dans un inverseur 14, et émet à sa puissance optique maximale un signal optique à la longueur d'onde donnée λ_2 représentant donc les états 0 des informations binaires.

On notera que les deux diodes laser utilisées peuvent être identiques ou non ; dans ce dernier cas, le module émetteur peut comporter un adaptateur de niveaux (non représenté) disposé en entrée par exemple de la diode laser 12 de façon à obtenir le même niveau de puissance optique en sortie des deux diodes laser.

Les deux signaux optiques émis par les deux diodes laser 11 et 12 aux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 sont ensuite multiplexés au moyen d'un multiplexeur 16 du type par exemple décrit dans la demande de brevet français n° 83 07795 déposée le 10 mai 1983 au nom de la Demanderesse, concernant : "Dispositif de multiplexage et de démultiplexage de longueurs d'onde par fibres optiques". Selon cette

demande, le multiplexeur est réalisé en biseautant sous forme de toit l'extrémité d'émission de la fibre de transmission, et en couplant à cette extrémité biseautée de fibre deux fibres optiques de jonction transmettant chacune un signal optique à une longueur d'onde donnée. Chacun des signaux optiques aux deux longueurs d'onde pénètre dans la fibre de transmission par son extrémité biseautée en toit, ce qui produit dès lors le multiplexage de ces signaux optiques par répartition en longueur d'onde.

Sur la figure 1, la fibre optique 30 transmet donc les signaux optiques aux deux longueurs d'onde multiplexées ($\lambda_1 + \lambda_2$) représentant respectivement les états 1 et 0 des informations binaires I, ces signaux étant ensuite reçus par le module récepteur 20 après propagation dans la fibre.

Ce récepteur 20, selon le mode de réalisation représenté sur la figure 1, comporte tout d'abord un démultiplexeur 21 des signaux optiques aux deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 transmises par la fibre 30, du même type par exemple que celui décrit dans la demande de brevet citée précédemment, c'est-à-dire avec une fibre de transmission biseautée sous forme de toit à son extrémité de réception à laquelle sont couplées deux fibres de jonction munies de filtres interférentiels réalisant le démultiplexage des signaux optiques par sélection des longueurs d'onde.

A titre de variantes non limitatives, le démultiplexeur 21 peut également être constitué par un réseau de diffraction classique du type holographique opérant en réflexion ou en transmission, ou encore par un filtre dichroïque classique qu'il est préférable d'utiliser uniquement lorsque les longueurs d'onde à séparer sont dans des fenêtres différentes de transmission.

En sortie du démultiplexeur 21 sont disposées deux diodes photodéetectrices 22 et 23, telles que par exemple des photodiodes à avalanche ou des diodes du type PIN, détectant chacune l'un des deux signaux optiques démultiplexés aux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 . Ainsi, la diode photodéetectrice 22 reçoit le signal optique à la longueur λ_1 et délivre un signal électrique représentant, dans

l'exemple choisi, les états 1 des informations binaires I.

De façon similaire, la diode photodéetectrice 23 reçoit le signal optique à la longueur d'onde λ_2 et fournit un signal électrique qui représente donc les états 0 des informations I.

5 La restitution des informations binaires I sous forme d'un signal électrique est ensuite obtenue au moyen d'un décodeur 25, de structure classique, recevant les deux signaux électriques représentatifs des états 0 et 1 des informations.

10 A titre d'exemple de réalisation représenté sur la figure 2, le décodeur 25 comporte un amplificateur sommateur 27 ayant une première entrée recevant le signal électrique représentant les états 1 des informations binaires et une seconde entrée reliée à une porte logique NON-ET (28) qui reçoit le signal électrique représentant les états 0 des informations. Après sommation des deux signaux élec-
15 triques, l'amplificateur 27 délivre un signal électrique régénérant les informations binaires représentées par ses deux états 0 et 1.

La figure 3 représente une variante préférée du système de transmission d'informations numériques selon l'invention. Cette variante est basée sur le fait connu que la longueur d'onde émise sur
20 une diode laser monomode change suivant la valeur du courant injecté et de la température de jonction. On entend par diode laser monomode un laser qui ne présente qu'une seule raie (longueur d'onde) : en effet, comme cela est bien connu, l'analyse du spectre optique d'un laser montre qu'il est constitué de une à plusieurs raies appelées "modes" liés à la forme de la cavité laser et à sa structure.
25

Sur la figure 3 qui illustre toujours le cas d'une transmission d'informations binaires I, le module émetteur 10 comporte désormais une seule diode laser 18 du type monomode commandée par un signal électrique représentant les états 0 et 1 des informations I. Plus
30 précisément, à la longueur d'onde donnée λ de la diode laser monomode, par exemple égale à 0,8500 micron, ladite diode laser est modulée par les états 0 des informations et émet, par exemple à sa puissance optique minimale, et directement dans la fibre optique 30 du type monomode, un signal optique à la longueur d'onde λ

représentant donc les états 0 des informations binaires.

En faisant varier la valeur du courant injecté dans la diode laser monomode 18, la longueur d'onde λ de cette dernière se déplace légèrement et prend une nouvelle valeur, de sorte qu'en modulant la diode laser à sa nouvelle longueur d'onde λ' proche de la précédente λ , par exemple égale à 0,8520 micron, par les états 1 des informations, celle-ci émet dans la fibre monomode 30, et à sa puissance optique maximale, un signal optique à la longueur d'onde λ' représentant les états 1 des informations binaires.

Ainsi, comme précédemment, les informations binaires sont transmises au moyen de porteuses optiques en faisant toujours correspondre aux états 0 et 1 des informations deux longueurs d'onde distinctes mais qui ont, dans le cas d'une seule diode laser monomode, des valeurs respectives voisines l'une de l'autre.

On notera que l'embase d'émission selon cette variante de la figure 3 présente l'avantage de ne mettre en oeuvre qu'une seule diode laser et de se dispenser de tout multiplexeur.

Sur la figure 3, la fibre 30 transmet donc un signal optique soit de longueur d'onde λ pour les états 0 des informations soit de longueur d'onde λ' pour les états 1, ce signal étant ensuite reçu par le module récepteur 20 après propagation dans la fibre.

Ce récepteur 20, selon la variante illustrée sur la figure 3, comporte tout d'abord des moyens de filtrage ou de séparation 29 des deux longueurs d'onde voisines λ et λ' du signal optique transmis par la fibre, constitués par exemple par un réseau de diffraction classique opérant en réflexion ou en transmission.

Après filtrage, les deux longueurs d'onde λ et λ' sont ensuite détectées par les deux diodes photodétectrices 22 et 23 qui délivrent l'une (22) un signal électrique représentant dans l'exemple choisi les états 1 des informations binaires, et l'autre (23) un signal électrique représentant les états 0 des informations.

Comme précédemment, les informations binaires 1 sont alors restituées au moyen du décodeur 25, du type par exemple décrit en référence à la figure 2, et qui reçoit les deux signaux électriques

représentatifs des états 0 et 1 des informations.

On a donc réalisé suivant l'invention un système assurant la transmission d'informations numériques par l'intermédiaire de porteuses optiques, qui est simple à mettre en oeuvre et qui permet de travailler à des débits élevés.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés et comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont effectuées suivant l'esprit de l'invention et mises en oeuvre dans le cadre des revendications qui suivent.

REVENDICATIONS

1. Système de transmission d'informations numériques à au moins deux états différents sur une fibre optique, comportant un émetteur (10) des informations sous forme de signaux optiques dans la fibre, et un récepteur (20) des signaux optiques après propagation
5 dans la fibre, caractérisé en ce que l'émetteur comprend au moins deux diodes photoémettrices (11, 12) commandées chacune par un signal électrique représentant l'un des différents états des informations et émettant chacune un signal optique à une longueur d'onde donnée distincte (λ_1 , λ_2) représentant l'un des états des infor-
10 mations, de sorte qu'aux états respectifs des informations correspondent des longueurs d'onde respectives différentes, et des moyens (16) de multiplexage des signaux optiques émis aux différentes longueurs d'onde, la fibre (30) transmettant ces signaux optiques multiplexés, et en ce que le récepteur comprend des moyens (21) de
15 démultiplexage des signaux optiques aux différentes longueurs d'onde, au moins deux diodes photodéetectrices (22, 23) détectant chacune l'une des différentes longueurs d'onde des signaux optiques démultiplexés et délivrant chacune un signal électrique représentant l'un des états correspondants des informations, et des moyens (25) de
20 restitution des informations représentées par ses différents états.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les diodes photoémettrices (11, 12) sont des diodes laser, et en ce que les signaux optiques aux différentes longueurs d'onde (λ_1 , λ_2) sont émis à la puissance optique maximale de chacune des diodes laser.

25 3. Système de transmission d'informations numériques à au moins deux états différents sur une fibre optique, comportant un émetteur (10) des informations sous forme d'un signal optique dans la fibre, et un récepteur (20) du signal optique après propagation dans la fibre, caractérisé en ce que l'émetteur comprend une diode
30 laser monomode (18) commandée par les informations et émettant

dans la fibre un signal optique susceptible d'avoir diverses longueurs d'onde (λ ; λ') de valeurs respectives voisines les unes des autres et représentant chacune l'un des différents états des informations, la valeur de chacune de ces longueurs d'onde étant obtenue en faisant
5 varier la valeur du courant injecté dans la diode laser, de sorte qu'aux états respectifs des informations correspondent des longueurs d'onde respectives différentes, et en ce que le récepteur comprend des moyens (29) de filtrage des diverses longueurs d'onde du signal optique transmis par la fibre, au moins deux diodes photodéetectrices
10 (22, 23) détectant chacune l'une des différentes longueurs d'onde filtrées et délivrant chacune un signal électrique représentant l'un des différents états correspondants des informations, et des moyens (25) de restitution des informations représentées par ses différents états.

15 4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens (29) de filtrage comportent un réseau de diffraction opérant en réflexion ou en transmission.

20 5. Système selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que les informations numériques sont des informations binaires, en ce que le signal optique à une première longueur d'onde (λ) représentant les états 0 des informations est émis par la diode laser (18) à sa puissance optique minimale, et en ce que le signal optique à une seconde longueur d'onde (λ') proche de la première et représentant les états 1 des informations est émis par la diode laser
25 (18) à sa puissance optique maximale.

30 6. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les informations numériques sont des informations binaires, et en ce que les moyens (25) de restitution comportent un amplificateur sommateur (27) ayant une première entrée recevant les états 1 des informations et une seconde entrée reliée à une porte logique NON-ET (28) recevant les états 0 des informations.

